

ISSN 1727 – 8651

JOURNAL  
*de la*  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
*de*  
L'UNIVERSITÉ DE LOMÉ



LOME - TOGO

Le Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé est  
référéncé dans African Journal on Line (AJOL) [[www.inasp.org/ajol](http://www.inasp.org/ajol)]

**VOLUME 22**  
**(2020)**

**Numéro 1 & 2**



## **Instructions aux auteurs (Directives aux auteurs)**

Le Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé est un journal international et pluridisciplinaire qui publie des travaux de recherche rédigés en français ou en anglais. Les domaines couverts par le journal sont les huit définis par le Réseau pour l'excellence de l'enseignement supérieur en Afrique de l'Ouest (REESAO) :

- *Lettres, Langues et Arts ;*
- *Sciences de l'Homme et de la Société*
- *Sciences de l'éducation et de la Formation*
- *Sciences et Technologies*
- *Administration, Sciences Juridiques et Politiques*
- *Sciences Economiques et de Gestion*
- *Sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition*
- *Sciences de la Santé*

Le journal reçoit des articles originaux, des revues de la littérature, des petites communications, des commentaires et critiques d'articles et des études de cas. Les articles soumis ne doivent pas avoir été publiés antérieurement, ni être actuellement soumis au processus d'évaluation d'une autre revue scientifique.

Le journal s'engage à ce qu'il n'y ait pas de retard dans la procédure d'évaluation, et réduire considérablement le délai pour émettre l'avis final : (au plus tard quatre (4) semaines après la soumission). Les articles soumis doivent impérativement suivre le format de l'article type (exemplaire).

### **Périodicité**

Chaque volume du journal paraît en quatre numéros par an (mars, juin, septembre, décembre).

Le comité de rédaction fixe le délai des appels à contribution à un mois avant le numéro à venir.

### **Processus de Soumission**

Les auteurs doivent lire attentivement les instructions aux auteurs avant d'entamer le processus de soumission.

La soumission d'articles est acceptée exclusivement via la page de soumission sur

le site du journal. En cas de difficultés, les manuscrits seront soumis par voie électronique à l'adresse suivante : [jrsultg@gmail.com](mailto:jrsultg@gmail.com) ou [jrsultg@univ-lome.tg](mailto:jrsultg@univ-lome.tg).

Les manuscrits doivent être soumis via Open Journal Systems (OJS), pour la préparation des manuscrits, voir les lignes directrices de l'auteur.

Le manuscrit doit être accompagné d'une lettre d'engagement (exemplaire disponible) signée par l'auteur correspondant. La Lettre d'engagement, datée et signée à l'encre bleue, doit être soumise en tant que fichier supplémentaire pendant la procédure de soumission du manuscrit (en format pdf). Les manuscrits qui ne sont pas accompagnés d'une lettre d'engagement seront automatiquement rejetés.

### **Présentation du manuscrit**

Le manuscrit, saisi en format A4, colonne double avec 2,0 cm de marges et (Word : Times New Roman, 12, interligne simple), doit comprendre les parties suivantes :

- **Titre de l'article** : En majuscule, il doit être court et très explicite, en français et en anglais
- **Les auteurs** : Les noms et prénoms des auteurs (le nom en Majuscule et les initiales des prénoms ex : AGBAVON K. J., les affiliations (noms et adresse des institutions) ainsi que leurs adresses email. Le nom de l'auteur correspondant doit être identifié par un astérisque (\*) et son adresse électronique doit être fournie.
- **Un résumé (français) et un abstract (anglais)** : le résumé doit indiquer brièvement les objectifs de l'étude, la méthodologie suivie et les matériels, les principaux résultats obtenus (résultats qualitatifs et quantitatifs) et la conclusion. Il doit être court et précis. Le résumé est un bloc de 250 mots au maximum. Un résumé doit pouvoir présenter le travail de recherche indépendamment de l'article. Les références doivent être évitées dans le résumé. Ne pas utiliser d'abréviations, des caractères spéciaux et des formules mathématiques dans le résumé.
- **Les mots clés en français et keywords en anglais** : au maximum six (6). Les mots-clés ne doivent pas répéter les termes du titre.
- **Introduction** : elle fait le point de la revue de la littérature récente sur le sujet (justification du sujet), soulève de façon précise la problématique de la présente étude, les hypothèses ou objectifs scientifiques, les approches et énonce le plan du manuscrit.
- **Matériel et méthodes/Méthodologie** : on y décrit clairement la méthodologie utilisée. Les références des méthodes d'analyse, des équipements et des produits

chimiques doivent être fournies.

- **Résultats** : cette section renferme les principaux résultats obtenus. Les résultats peuvent être présentés sous forme de figure ou de tableau dans la mesure du possible. Toutes les illustrations doivent être claires et faciles à reproduire. Elles seront insérées dans le texte et à la bonne place. On évitera les couleurs dans les tableaux. Pour les équations, il est recommandé d'utiliser un éditeur d'équations compatible en traitement de texte word. Les tableaux et les figures doivent être numérotés en chiffres arabes et doivent comporter une légende courte et explicite en français. Les unités doivent être choisies dans le Système International. Il est souhaitable d'utiliser les puissances négatives à la place des barres ( $\text{mg l}^{-1}$  et non  $\text{mg/l}$ ). Pour les noms scientifiques dans les systématiques, utiliser l'italique plutôt que souligner.
- **Discussion** : il est souhaitable de séparer la discussion des résultats. Dans la discussion, on apportera des interprétations approfondies des résultats, on montrera les liens de l'étude avec les travaux récents de la littérature et on mettra en évidence l'apport de la contribution. La discussion peut être associée directement au résultat.
- **Conclusion** : une conclusion retrace les principaux résultats et leurs contributions.
- **Remerciements** : les remerciements suivent directement la section de la conclusion. Cette section non numérotée est utilisée pour identifier les personnes qui ont aidé les auteurs dans l'accomplissement du travail présenté et de reconnaître les sources de financement. (Remerciements des contributions techniques importantes et des sources de financement de l'étude)
- **Références** (Cette section ne doit pas être numérotée.)
  - ✓ Essayez de s'assurer que toutes les références citées dans le texte sont également présentées dans la liste des références (et vice versa).
  - ✓ Évitez d'inclure des citations dans le résumé.
  - ✓ Le fait de citer une référence en tant que 'in press' signifie qu'elle fait référence à un article accepté pour publication.
  - ✓ Les citations dans le texte doivent être marquées consécutivement par des nombres arabes entre crochets (par exemple [1]).
  - ✓ Lorsque vous faites référence à un élément de référence, s'il vous plaît utilisez simplement le numéro de référence, comme dans [2].
  - ✓ Ne pas utiliser « Réf. [3] » ou « de référence [3] », sauf au début d'une phrase, par exemple, « La référence [3] montre ... ».
  - ✓ Plusieurs références sont numérotées avec des crochets distincts (par

exemple [2], [6], [7], [8], [9]) Et non [2,6,7,8,9].

- ✓ Les résultats non publiés ne doivent pas figurer dans la liste des références, mais ils peuvent être mentionnés dans le texte.
- ✓ Les références doivent être présentées dans un ordre consécutif (dans l'ordre de leur apparition dans le texte).
- ✓ Pour la présentation des références on distinguera les cas suivants :

#### **Exemples : (en général)**

##### **Des articles de revues :**

[1] S. K. Srivastava and K. Kaur, “Stability of Impulsive Differential Equation with any Time Delay,” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 2, no. 3, pp. 280–286, 2013.

[2] O. V. ADEOLUWA, O. S. ABODERIN, and O. D. OMODARA, “An Appraisal of Educational Technology Usage in Secondary Schools in Ondo State (Nigeria),” *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 2, no. 3, pp. 265–271, 2013.

##### **Des livres:**

[11] C. Tichi, *Electronic Hearth: Creating an American Television Culture*. Oxford University Press, 1991.

[12] A. R. Jennings, *Financial Accounting*. Cengage Learning EMEA, 2001.

##### **Un chapitre dans un livre :**

[7] Mettam, G. R., and Adams, L. B., How to prepare an electronic version of your article, In: B. S. Jones, and R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age*, New York: E-Publishing Inc, pp. 281-304, 1994.

[8] O'Neil, J. M., and Egan, J., Men's and women's gender role journeys: A metaphor for healing, transition, and transformation, In: B. R. Wainrib (Ed.), *Gender issues across the life cycle*, New York, NY: Springer, pp. 107-123, 1992.

**Sites Internet** : A n'utiliser que dans des cas exceptionnels ; préciser si possible les noms des auteurs et la date de consultation

[5] Smith, Joe, One of Volvo's core values, 1999. [Online] Available: <http://www.volvo.com/environment/index.htm> (July 7, 1999).

#### **Comité du Journal**

*Le Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* est cogéré par trois comités, à savoir un Comité scientifique, un Comité de rédaction et un Comité de lecture.

## Comité de lecture

Professeur M. GBEASSOR (Togo)  
Professeur K. AHADZI-NONOU (Togo)  
Professeur K. TCHAKPELE (Togo)  
Professeur B. SINSIN, (Bénin)  
Professeur T. T. K. TCHAMIE (Togo)  
Professeur K. AKPAGANA (Togo)  
Professeur A. K. C. JOHNSON (Togo)  
Professeur M. L. BAWA (Togo)  
Professeur KM. NUBUKPO (Togo)  
Professeur M. DAVID-PRINCE (Togo)  
Professeur K. KOUMAGLO (Togo)  
Professeur K. JONDO (Togo)  
Professeur K. SANDA (Togo)  
Professeur K. KADANGA (Togo)  
Professeur K. KOKOU (Togo)  
Professeur K. BATAWILA (Togo)  
Professeur P. SANKARA (Burkina Faso)  
Professeur M. GOEH-AKUE (Togo)  
Professeur K. KOSSI-TITRIKOU (Togo)  
Professeur M. MOUDACHIROU (Bénin)  
Professeur B. TCHAM (Togo)  
Professeur K. BEDJA (Togo)  
Professeur K. KILI, (Togo)  
Professeur G. DJANEYE-BOUNDOU (Togo)  
Professeur G. TCHANGBEDJI, (Togo)  
Professeur N. BIGOU-LARE (Togo)  
Professeur A. SANTOS (Togo)  
Professeur M. KPODAR (Togo)  
Professeur A. VOVOR (Togo)  
Professeur K. AMOUZOU (Togo)  
Professeur B. GNON (Togo)  
Professeur K. NUBUKPO (Togo)  
Professeur E. AGBODJI (Togo)  
Professeur D. DOSSEH (Togo)  
Professeur K. A. BALOGO (Togo)  
Professeur M. A. MOHOU (Togo)  
Professeur K. NAPO (Togo)  
Professeur A. ABALO (Togo)  
Professeur M. BANNA (Togo)  
Professeur E. BOKO (Togo)  
Professeur O. ONIANKITAN (Togo)  
Professeur E. AGBODJI (Togo)  
Professeur A. EGBENDEWE (Togo)

## **Comité de Rédaction**

Le comité de rédaction participe à la mise en œuvre de la politique éditoriale. Il est dirigé par un Directeur de Publication qui est le Directeur de la Recherche et un responsable de section.

Rédacteur en Chef : Dr Essohanam BATCHANA (Maître de Conférences)

Membres :

- Dr KOLEDZI K. Edem, MC (Maître de Conférences)
- Dr NAPO Gbati, MC (Maître de Conférences)
- Dr ADJONOU Kossi, MA (Maître Assistant)

## **Secrétariat**

LAWSON-HELOU Nadou Cécilia

M. Tata Koffi KUWONU

M N N'SILE

---

**JOURNAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
DE L'UNIVERSITE DE LOME (TOGO)**

---

**VOLUME 22, Numéro 1 & 2, (2020)**

**SOMMAIRE**

***Sciences de l'agriculture, de l'alimentation et de la nutrition***

1. ALATE K-K. A. & al, (Togo)

Stabilité structurale de sol ferrallitique "terre de barre" amendée aux composts de déchets ménagers solides urbains,.....1

2. YOKA Joseph & al, (Congo)

Caractéristiques physico-chimiques des sols de savanes inondables dans la zone de Mossaka au Congo, ..... 15

3. RADJI R & al, (Togo)

Mise à jour taxonomique et nomenclaturale des asteraceae du Togo, ..... 25

4. ATATO Abalo & al, (Togo)

Étude ethnobotanique des espèces spontanées à fruits comestibles du Togo,.....49

5. ZANOU. A R S & al (Bénin)

Étude de la pluie pollinique de la forêt classée de la Lama en zone guinéenne au Bénin,.....63

**Sciences de l'Homme et de la Société**

6. KAZIMNA P & al, (Togo)

La problématique de la protection sociale et valorisation des compétences des personnes âgées au Togo,.....77

7. OKÉ S. E & al, (Bénin)

Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?, ..... 89

8. NAPAKOU Bantchin, (Togo)

Constitutionnalité, légitimité et pouvoir politique en Afrique, .....109

9. KOUMI Kossi Mitronougna (France) Just like the users, we suffer too!". "Experiences" of health workers in health facilities in Lomé (Togo).....	123
10. Dr BEGEDOU Komi (Togo) Re-shifting african-americans' perception of africa: alice walker's <i>the color purple</i> .....	139
11. KABORE, André, (Burkina-Faso) Ecofeminisme et confinement en temps de covid-19, .....	151
12. N'DOLY Adouobo Christophe, (Côte d'Ivoire) Mobilisation de l'épargne solidaire et autonomisation des femmes en milieu rural ivoirien, .....	165
13. DIATTA Claudette Soumbane (Sénégal) Stratégies endogènes de gestion des ressources marines par les populations diola des contrées blouf et bliss-karone en basse casamance au Sénégal., .....	183
14. SOGOYOU B. I. & al. (Togo) Les facteurs associés aux attitudes négatives des parents à l'égard de leurs enfants déficients mentaux à Lomé, .....	201

## Sciences de la Santé

15. Nemi K.D. & al (Togo) Infection par le VIH méconnue : circonstances de découverte et pronostic en milieu de médecine interne à Lomé, .....	213
16. Kaya-Soukho A & al (Mali) Profil épidémio-clinique actuel des co-infections VHB/VIH et VHC/VIH au centre hospitalier universitaire du point- G, Bamako Mali, .....	219
17. DJIBRILLA ALMOUSTAPHA A & al (Niger) Anomalies de l'hémogramme corrélées au taux de cd4 chez les sujets VIH positifs suivis au Centre de Traitement Ambulatoire (CTA) de Niamey, .....	229
18. Tsevi Y.M. & al (Togo) Profil bactériologique des infections urinaires chez les patients insuffisants rénaux chroniques hospitalisés au service de néphrologie, .....	237

19. TAKASSI O. E. & al, (Togo) Partage du statut sérologique au sein des couples serodiscordants dans un protocole de PTME en pédiatrie au CHU Sylvanus Olympio (Togo),.....	243
20. KOUASSI Kafui Codjo & al, (Togo) Vérification sur site des performances du glucomètre accu-check active versus automate selectra pro m : étude comparative sur 263 cas colligés au CHU Campus de Lomé, .....	249
21. KPAIBÉ S. A. P. & al, (Côte d'Ivoire) Validation et application d'une méthode CLHP pour le dosage des combinaisons thérapeutiques d'antituberculeux à base de rifampicine, d'isoniazine et de pyrazinamide .....	265
22. Nemi K.D. & al. (Togo) Les complications de l'obésité dans un service de médecine interne à Lomé : étude de 144 cas.....	275
23. SAWADOGO S.& al., (Mali) Titre des hémolysines alpha et beta chez les donneurs de sang de groupe sanguin o et leur impact potentiel sur la sécurité des receveurs de produits sanguins au Burkina Faso, .....	281
24. TCHEROU T. & al (Togo) Association HTA et diabète dans le service de cardiologie au chu Kara: aspects épidémiologiques, cliniques, paracliniques et complications.....	293
25- TSEVI Y. M. & al (Togo) Protéinurie et hypertension artérielle méconnue au CHU Sylvanus Olympio de Lomé, Togo.....	303
26. Keita M. & al, (Mali) Les envenimations ophidiennes dans une clinique privée « Néné » de Kati et revue de la littérature.....	309
27. LINTA L. S. O. & al (Bénin) Valeurs de référence des leucocytes circulants chez les handballeurs de l'élite en République du Benin.....	319
28. SANOGO S & al, (Mali) Diagnostic scanographique tardif d'une fente sternale congénitale: à propos d'un cas.....	333

## **FUTURS ENSEIGNANTS DE SCIENCES PHYSIQUES AU COLLEGE, ARISTOTELIENS OU NEWTONIENS DANS LA PREDICTION DU MOUVEMENT DE PROJECTILE ?**

### **SECONDARY SCHOOLS PROSPECTIVE PHYSICAL SCIENCE TEACHERS, ARISTOTELIAN OR NEWTONIAN IN THE PREDICTION OF THE PROJECTILE MOVEMENT**

**OKÉ S. E.<sup>1</sup>, KELANI R. R.\*<sup>2</sup> BOKO G. C.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Email of corresponding author: eugene.oke@imsp-uac.org

<sup>2</sup> École Normale Supérieure de Natitingou, UNSTIM, Bénin  
rkelani@gmail.com

<sup>3</sup>EDP / Université d'Abomey-Calavi, Bénin

#### **RESUME**

Dans un monde de plus en plus complexe, la formation des jeunes doit leur permettre d'appréhender rapidement les phénomènes de leur environnement immédiat pour décider ou entreprendre une action. Cet article se situe dans une perspective de contribution à l'amélioration de la formation des professeurs de physique dans l'enseignement secondaire au Bénin. Nous essayons de prouver qu'il est difficile aux futurs enseignants du secondaire d'appréhender correctement la trajectoire d'un projectile. Leur compréhension de ce phénomène est toujours entravée par des conceptions éloignées des connaissances scientifiques actuelles en dépit de leur formation académique initiale.

#### **Mots clés**

Conceptions, futurs enseignants, Physique, mouvement de projectiles, représentations graphiques.

#### **ABSTRACT**

In an increasingly complex world, the training of young people must allow them to quickly grasp the phenomena of their immediate environment to decide or take action. This article is intended to contribute to improving the training of physics teachers in secondary education. We try to prove that it is difficult for future secondary school teachers to correctly understand the trajectory of a projectile. Their understanding of this phenomenon is still hampered by conceptions remote from current scientific knowledge despite their initial academic training.

#### **Keywords**

Conceptions, prospective teachers, Physics, movement of projectiles, graphic representations.

## 1. INTRODUCTION

Des recherches antérieures (A. B. CHAMPAGNE et al., 1985 ; R. F. GUNSTONE et R. T. WHITE, 1981 ; M. MCCLOSKEY et al., 1980 ; A. PRESCOTT et M. MITCHELMORE, 2005) font état de ce que les conceptions des élèves semblent faire écho à celles des savants dans leur quête de compréhension des phénomènes ou la description de ceux-ci. Des travaux ont mis en lumière que les apprenants en sciences possèdent souvent des conceptions spontanées qui sont plus ou moins éloignées des savoirs scientifiques actuels. Ces conceptions erronées et spontanées sont souvent difficiles à remplacer (A. A. diSESSA, 2006). L'apprentissage en science va au-delà de la mémorisation des lois, formules, etc .... Elle nécessite un changement conceptuel pour acquérir des conceptions en accord avec les savoirs actuels. Ce changement conceptuel amène le sujet qui apprend, à passer d'une conception erronée à une conception moins erronée et ainsi de suite jusqu'à se rapprocher du savoir scientifique en vigueur ou à l'acquérir (P. SCOTT et al., 2007).

Deux raisons principales justifient la conduite de cette étude. Premièrement, ces futurs enseignants ont d'abord suivi, durant leur cursus du secondaire, et plus particulièrement en classe de terminale, des cours de mécanique comprenant les mouvements de projectiles. Étant en fin de formation de licence professionnelle de l'enseignement, ils ont suivi des cours de mécanique classique en première année. Il est donc opportun d'explorer leurs connaissances à propos du mouvement des projectiles. La deuxième raison s'inscrit dans une perspective de contribuer à l'amélioration de la formation des enseignants de collège en Physique à travers une prise de conscience des formateurs sur le fait qu'il semble difficile pour de futurs enseignants de collège d'appréhender

correctement la nature du mouvement des projectiles.

La *prédiction* est l'action de prédire, d'annoncer à l'avance ce qui doit arriver (LAROUSSE, 2017). Dans le cadre d'une approche scientifique de la prédiction, nous considérons que la prédiction est fondée sur des règles ou des raisonnements. Ainsi, dans le domaine scientifique, une prédiction s'appuie sur un modèle et sur des observations (P. SCOTT, 2007). La prédiction en mathématiques et en sciences présente des avantages (K. H. LIM et al., 2010) dans la mesure où elle fournit aux apprenants des occasions de mettre en œuvre leurs conceptions erronées pour les éprouver et, par la suite, les questionner en face des situations. La prédiction contribue à augmenter la motivation des étudiants dans l'apprentissage (L. KASMER, 2008 ; O. K. KIM et L. KASMER, 2007 ; R. WHITE et R. GUNSTONE, 1992). Les prédictions des élèves permettent d'inférer leurs conceptions. Dans l'enseignement des sciences, P. SCOTT, et ses collègues (2007) ont montré que la prédiction peut être utilisée pour faire découvrir des connaissances antérieures, des schèmes, des conceptions erronées et les intuitions des apprenants. Trouver une réponse contribue à renforcer la compréhension instrumentale, alors que prédire une réponse peut promouvoir la compréhension relationnelle (R. R. SKEMP, 1976). Enfin, la prédiction peut être un moyen pédagogique utile pour aider l'étudiant à apprendre de plusieurs façons. En termes de développement des concepts, la prédiction permet aux apprenants d'activer et d'améliorer leurs connaissances antérieures.

S. ECKSTEIN (1997) a mené une étude sur l'évolution des conceptions des élèves à propos du mouvement de projectile. Elle est axée sur l'hypothèse génétique évoquant le parallèle entre les progrès réalisés dans

## Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?

l'organisation logique et rationnelle de la connaissance sur le mouvement des projectiles et les processus psychologiques de formation correspondante. Cette étude présente une revue des théories historiques du mouvement depuis l'Antiquité en passant par le Moyen Âge jusqu'à Newton. Aristote, au IV<sup>e</sup> siècle avant J.-C., divise tout mouvement observé des objets inanimés en deux catégories : un mouvement *naturel* et un mouvement *violent*. Le mouvement naturel se produit en l'absence de force, parce que les objets cherchent à atteindre leur « *lieu naturel* », dans lequel ils vont être dans un état de repos. Le mouvement violent est celui produit par une force. Un objet reste en mouvement violent tant qu'il est en contact direct avec un moteur externe. Ainsi, il est difficile d'expliquer le mouvement d'un projectile parce qu'il est clair que ce n'est pas un mouvement naturel, mais il n'y a pas de moteur externe apparent en dehors de l'air et l'eau. Les savants développèrent alors plusieurs théories de l'élan qui stipulent que mettre un objet en mouvement imprime à l'objet une force interne appelée *impulsion* qui décroît au fil du mouvement et l'objet finit par s'arrêter. Des centaines d'années plus tard, Galilée et Newton ont montré que la force n'est pas nécessaire pour maintenir un corps en mouvement, mais plutôt que les objets resteront en mouvement constant à moins d'être sollicités par une force extérieure (c'est le principe d'inertie). Contrairement à la théorie de l'élan, il n'y a pas de distinction physique entre un corps en « *mouvement actif* » et un corps en « *mouvement passif* », mais, dans les deux cas, la vitesse du corps ne changera pas à moins d'être sollicitée par une force extérieure.

Selon S. ECKSTEIN (1997), de nombreux chercheurs ont montré que des idées d'élèves sont en accord avec la théorie de l'*impetus* (impulsion). Mais il n'existait aucune preuve dans la littérature du développement des idées des enfants qui mette en parallèle le développement de

théories historiques du mouvement. C'est pourquoi son étude s'est attelée à tester l'hypothèse fondamentale de J. PIAGET (1970) de l'épistémologie génétique par rapport aux idées sur le mouvement. Cette recherche conçue pour examiner l'évolution des idées des enfants sur le mouvement et l'associer à l'évolution historique des théories du mouvement a été réalisée sur la base de l'administration d'un questionnaire à 1017 élèves dans deux pays (Ukraine et Israël). Les résultats montrent une similitude des idées du mouvement chez les enfants de différents pays à plusieurs stades du développement historique de la connaissance sur le mouvement, indépendamment du système éducatif dans lequel ceux-ci évoluent.

D. ANAGO (2018) a utilisé une approche étudiant l'évolution des conceptions sur le mouvement des solides à travers l'apport de l'histoire des sciences et analysé les représentations des élèves sur le mouvement. Cette étude lui a permis d'examiner les visions sur le mouvement selon la conception aristotélienne (IV<sup>e</sup> siècle), la conception de l'*impétus* (J. BURIDAN, XIV<sup>e</sup> siècle), la conception de TARTAGLIA (XVI<sup>e</sup>), la conception de G. GALILEO (1632) et celle de I. NEWTON (XVII<sup>e</sup> siècle). Selon ce chercheur, les idées pré-newtoniennes du mouvement convergent toutes vers une même tendance à savoir que le mouvement d'un solide exige une cause. Ce qui contredit la première loi de Newton. Pour Aristote cette « cause » est un agent externe. Cette idée est renforcée par l'explication de la poursuite du mouvement par les théories pré-galiléennes. Ces théories mettent en avant un *impétus* stocké dans l'objet pour expliquer la persévérance du mouvement. C'est dans le même ordre d'idée que Galilée a paradoxalement soutenu à la suite de ses prédécesseurs l'idée que « *la force d'un objet doit être supérieure à la gravité ou que l'objet va tomber immédiatement* » (M. KOZHEVNIKOV et M. HEGARTY, 2001). ). Il poursuit en

précisant que « *la force imprimée doit être supérieure à la résistance de gravité, enfin la force du projecteur peut être juste assez grande pour équilibrer exactement la résistance de gravité de sorte que le corps ne s'élève, mais simplement soit soutenue* » (S. HAWKING, 2002). Or La mécanique Newtonnienne admet que le corps en mouvement inertiel se meurt de lui-même, et ne stocke pas l'impulsion initiale. Cette théorie newtonnienne explique la persévérance du mouvement inertiel d'un corps en dehors de son inertie et n'adopte pas l'idée de stockage de l'impulsion initiale comme « cause » de ce mouvement. Le terme « cause » évoqué dans cette définition de la force ne renforce pas la conception pré-galiléenne du mouvement. Pour D. ANAGO (2018), deux approches se confrontent sur la compréhension du mouvement : La première admet que le mouvement d'un corps est uniforme en ligne droite, le corps se meurt de lui-même, après avoir stocké en son sein l'impulsion initiale, ou alors, le corps se meurt de lui-même après avoir reçu l'impression d'une cause antérieure. La seconde réfute les deux autres raisons ci-dessus évoquées et affirme que le corps ne peut continuer de se mouvoir de lui-même, et n'a pas stocké l'impulsion initiale. Elle évoque alors une autre « cause » indifférenciée pour assurer la persévérance du mouvement inertiel. Pour comprendre cette divergence dans la pensée scientifique sur le mouvement d'un corps D. ANAGO (2018) confrontent la théorie de l'*impétus* à la mécanique newtonnienne.

Selon la théorie de l'*impétus*, le mouvement est absolu. Elle réaffirme la présence de l'*impétus* dans le mobile. Cette approche du mouvement se démarque systématiquement de l'approche newtonnienne qui stipule que le mouvement n'est pas absolu, aucune force n'est nécessaire pour maintenir un corps à vitesse constante le long d'une droite. Newton indique que le mouvement est relatif à un système de référence, l'état de repos et l'état de mouvement à vitesse constante sont

équivalents. Par exemple, dans un ascenseur, vu de l'intérieur rien ne bouge, vu de l'extérieur tout bouge.

Pour la théorie de l'*impétus*, le mouvement s'arrête nécessairement au bout d'un temps. L'arrêt du mobile est attribué à la dissipation de l'*impétus* d'elle-même ou à cause de la résistance de l'air, ou de la tendance au repos des corps. Pour la mécanique de Newton par contre, le mouvement dans le vide se continuera indéfiniment.

La théorie de l'*impétus* distingue les mouvements circulaires et rectilignes parce qu'ils sont de natures différentes et résultent de la présence de deux *impétus* différents. Ainsi pour obtenir l'un ou l'autre de ces mouvements il suffit de lui communiquer l'*impétus* approprié. Pour Newton, le mouvement rectiligne est le mouvement fondamental d'un corps laissé à lui-même. Par ailleurs, le mouvement circulaire découle de l'application d'une force qui infléchit continuellement la direction du mouvement.

Enfin, dans la théorie de l'*impétus*, l'influence entre divers types d'*impétus* est réductrice puisqu'un *impétus* domine un autre ou domine le mouvement naturel. Par contre, la mécanique newtonnienne établit une distinction entre un mouvement rectiligne et un mouvement circulaire. Un corps est animé d'un mouvement rectiligne uniforme lorsqu'aucune force n'agit sur lui. Pour que ce corps tourne selon une trajectoire circulaire, il doit être soumis à une force extérieure qui tend à dévier ce corps de sa trajectoire rectiligne. Par exemple une balle qui tourne au bout d'un fil est soumise à la tension du fil constamment sur la balle et l'empêche ainsi de s'échapper à vitesse constante selon une droite tangente au cercle.

Il nous semble que ces raisonnements de la théorie de l'*impétus* chez des savants du passé continuent d'imprégner les étudiants

## Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?

qui vont admettre l'idée de stockage comme justification plausible du mouvement.

De tout ce qui précède, nous nous rendons compte que diverses théories pré-newtoniennes ont été construites pour expliquer le mouvement. Ces savants pré-newtoniens ont manifestement tendance à trouver une « cause » au mouvement. Les conceptions pré-newtoniennes du mouvement identifient sa « cause » qui n'est pas une force proprement dite, provenant de l'extérieur, mais elle est immanente au corps en mouvement, ou alors, une « cause antérieure stockée » dans le solide. Ces conceptions amènent à la mobilisation de l'idée d'une « force » pour justifier la persévérance du mouvement rectiligne uniforme. Ceux qui utilisent ces conceptions pré-newtoniennes vont alors chercher à établir une relation entre force et vitesse. Mais ce type de raisonnement est en contradiction avec le principe d'inertie.

Le but de cette étude est d'explorer les prédictions des élèves professeurs de Physique en fin de formation sur les mouvements de projectiles. Notre question de recherche est celle-ci : quelles sont les prédictions sur les mouvements de projectiles de futurs enseignants de physique en fin de formation après avoir suivi des enseignements universitaires de mécanique ?

L'hypothèse de recherche est que des conceptions erronées subsistent encore chez des élèves professeurs en fin de formation bien qu'ils aient suivi des enseignements universitaires de mécanique. Ces conceptions erronées les empêchent de prédire correctement la trajectoire du mouvement d'un projectile.

## 2. MATERIELS ET METHODES DE L'ETUDE

### 2.1. NATURE DE L'ETUDE

Cette étude est conçue comme une recherche qualitative phénoménologique. Le terme « qualitatif » sous-entend un accent mis sur les sens et les processus qui ne sont pas explorés à travers les expériences ou mesurés en termes de quantité, de montant ou de fréquence (N. K. DENZIN et Y. S. LINCOLN, 2000). La phénoménologie est une approche à la conceptualisation et à l'étude de l'expérience vécue (A. GIORGI, 2009). La phénoménologie cherche le sens de l'expérience à travers les yeux d'un sujet qui rend compte de cette expérience dans un entretien ou un rapport écrit.

### 2.2. POPULATION ET PARTICIPANTS A L'ETUDE

La population cible de cette étude est constituée de futurs enseignants en Physique, Chimie et Technologie (PCT) de l'École Normale Supérieure (ENS) de Natitingou en République du Bénin. Cet établissement forme également de jeunes enseignants en Sciences de la Vie de la Terre (SVT) et en Mathématiques-Informatique (MI) pour le collège. Le diplôme sanctionnant cette formation de trois ans est la licence professionnelle qualifiant à enseigner au premier cycle de l'enseignement secondaire. Au total 88 élèves professeurs de la filière PCT (dont 42 en 3<sup>e</sup> année et 46 en 2<sup>e</sup> année) ont participé à l'étude. Il s'agit de l'ensemble des étudiants de la 3<sup>ème</sup> année et de la 2<sup>ème</sup> année de la filière de Physique, Chimie et Technologie. Ce choix des participants s'explique par le fait que nous pensons que ces élèves professeurs sont dans un processus de formation initiale avancée dans lequel les cours de mécanique sont finis.

### 2.3. OUTIL DE COLLECTE DE DONNEES

Au cours du processus de la collecte des données, un questionnaire a été administré aux participants (cf. Annexe 1). Ce questionnaire a été adapté de celui de S.

ECKSTEIN (1997), initialement élaboré pour recueillir les conceptions des enfants de CE1 et de terminale d'Ukraine et d'Israël relativement au mouvement de projectile. Il est constitué de deux tâches relatives au mouvement de projectile dans des conditions différentes. La première tâche comportait deux situations dont l'une (1a) représente une balle se déplaçant sur une table dans le sens d'une flèche et la seconde (1b) montrant toujours une balle se déplaçant dans le même sens, mais plus vite que dans le cas précédent. Il est demandé aux participants de dessiner le chemin que suit la balle après avoir atteint le bord de la table. La deuxième tâche comportait aussi deux situations. Elle est constituée d'un volet de prédiction de lieu de chute parmi trois choix possibles et d'un volet de productions d'écrits explicatifs justifiant les choix effectués. La figure, servant de support à la tâche, présente une bille en métal maintenue par un aimant dans la partie supérieure d'un poteau ainsi qu'une cuvette (tasse) déposée sur la remorque au-dessous de la bille métallique. La première question (2a) posée était celles-ci : *On suppose que la bille tombe de l'aimant tandis que la remorque est en mouvement. Si cette remorque continue à se déplacer à la même vitesse, où va tomber la bille ? Derrière la tasse, en face de la tasse ou dans la tasse ? Expliquer votre réponse.* La seconde question (2b) posée était la suivante : *On suppose que la bille tombe alors que la remorque est toujours en mouvement. Mais cette fois la remorque s'arrête alors que la bille est toujours en l'air. Où va-t-elle tomber ? Derrière la tasse, en face de la tasse ou dans la tasse ? Expliquer votre réponse.*

Ces deux tâches avaient comme support des schémas illustrant les situations décrites. Les participants à l'étude ont disposé d'assez de temps pour dessiner les trajectoires selon eux, faire les choix et rédiger leurs explications en réponse au questionnaire.

## 2.4. PROCEDURE D'ANALYSE DES DONNEES

Les réponses aux questionnaires ont été récupérées, dépouillées, codifiées et analysées manuellement. Dans ce processus, nous avons cherché à mettre en lumière le sens et/ou la signification des représentations graphiques dans le but d'inférer leurs conceptions. Les inférences ont été directes pour la première tâche, tandis que, pour la seconde tâche, les inférences ont été faites à travers leurs choix de réponses et leurs explicitations lexicales.

## 3. RESULTATS DE L'ETUDE

### 3.1. RESULTATS RELATIFS A LA PREMIERE TACHE DU QUESTIONNAIRE

#### 3.1.1. EXPLICATION DE LA FORME DE LA TRAJECTOIRE ATTENDUE DANS LA PREMIERE TACHE

Sur la table, seule la composante horizontale de la vitesse existe. Après que la balle atteigne le bord de la table, cette composante horizontale de la vitesse reste inchangée. Cependant, en plus, la balle acquiert une vitesse verticale (composante verticale qui était nulle avant) en constante augmentation par l'effet de la pesanteur et, par conséquent, le vecteur-vitesse de la balle (résultante des deux composantes horizontale et verticale) va s'incliner vers le bas de plus en plus que la balle avance. Cela fait que la trajectoire est parabolique de concavité tournée vers le bas, juste après le bord de la table. Plus la composante verticale de la vitesse acquise au bord de la table, est grande, plus la composante horizontale, l'inclinaison de la trajectoire parabolique vers le bas sera plus prononcée. Plus la composante horizontale de la vitesse acquise au bord de la table, est grande, plus la composante verticale, l'inclinaison de la trajectoire parabolique sera moins prononcée.

Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?

*3.1.2. ANALYSES ET INTERPRETATIONS DES PRODUCTIONS GRAPHIQUES OBTENUES EN REPONSE A LA PREMIERE TACHE*

Les productions graphiques obtenues sont diverses. Nous présentons dans les tableaux ci-après les scores des différentes catégories construites après plusieurs lectures en réponse à la question 1a (cf. Tableau 1) et à la question 1b (cf. Tableau 2).

**Tableau 1 : Description des trajectoires dessinées en réponse à la question 1a**

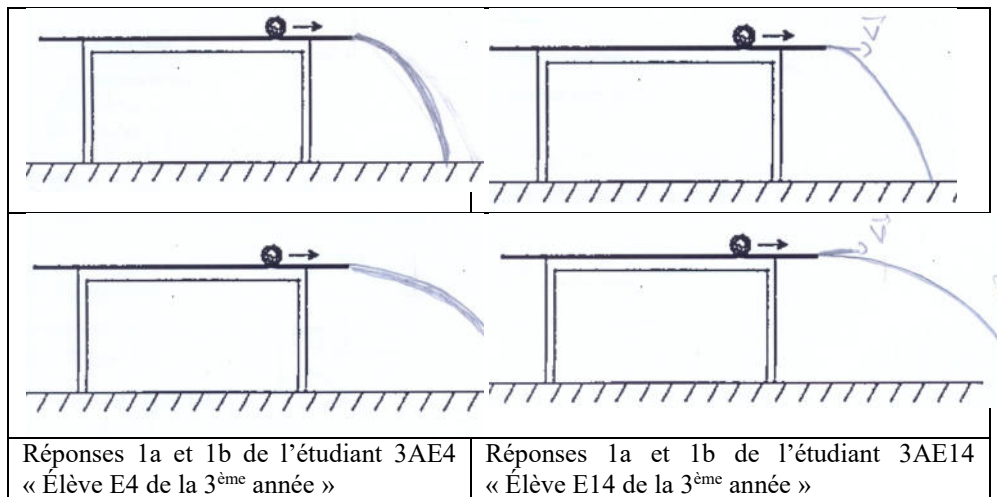
Types de trajectoires en réponse à la question 1a	3 <sup>ème</sup> année	2 <sup>ème</sup> année
Parabole dont la concavité est tournée vers le bas (PCB)	25	22
Parabole dont la concavité est tournée vers le haut (PCH)	0	0
Segment de droite horizontale (SDH)	1	2
Segment de droite horizontale, suivi d'une parabole dont la concavité est tournée vers le bas (SHPCB)	0	0
Segment de droite horizontale, suivi d'un segment de droite oblique vers le bas (SHSOB)	0	0
Segment de droite horizontale, suivi d'un segment de droite verticale vers le bas (SHSVB)	0	1
Segment de droite oblique vers le bas (SDOB)	2	3
Segment de droite verticale vers le bas (SDVB)	11	13
Arc de cercle, suivi d'un segment de droite verticale vers le bas (ACSVB)	1	1
Parabole dont la concavité est tournée vers le bas, suivi d'une parabole dont la concavité est tournée vers le haut (PCBPCH)	2	3
Situation de classe avec repère et vitesse 45° + parabole (SiCl <sup>1</sup> )	0	1
	42	46

<sup>1</sup> Situation étudiée généralement en classe.

**Tableau 2 : Description des trajectoires dessinées en réponse à la question 1b**

Types de trajectoires en réponse à la question 1b	3 <sup>ème</sup> année	2 <sup>ème</sup> année
Parabole dont la concavité est tournée vers le bas (PCB)	20	23
Parabole dont la concavité est tournée vers le haut (PCH)	0	1
Segment de droite horizontale (SDH)	2	2
Segment de droite horizontale, suivi d'une parabole dont la concavité est tournée vers le bas (SHPCB)	6	7
Segment de droite horizontale, suivi d'un segment de droite oblique vers le bas (SHSOB)	4	0
Segment de droite horizontale, suivi d'un segment de droite verticale vers le bas (SHSVB)	1	1
Segment de droite oblique vers le bas (SDOB)	3	6
Segment de droite verticale vers le bas (SDVB)	2	1
Arc de cercle, suivi d'un segment de droite verticale vers le bas (ACSVB)	3	0
Parabole dont la concavité est tournée vers le bas, suivi d'une parabole dont la concavité est tournée vers le haut (PCBPCH)	1	4
Situation de classe avec repère et vitesse 45° + parabole (SiCl)	0	1
	42	46

Sur les 42 futurs enseignants de la 3<sup>e</sup> année, 18 ont dessiné à la fois des arcs de paraboles pour répondre aux questions 1a et 1b



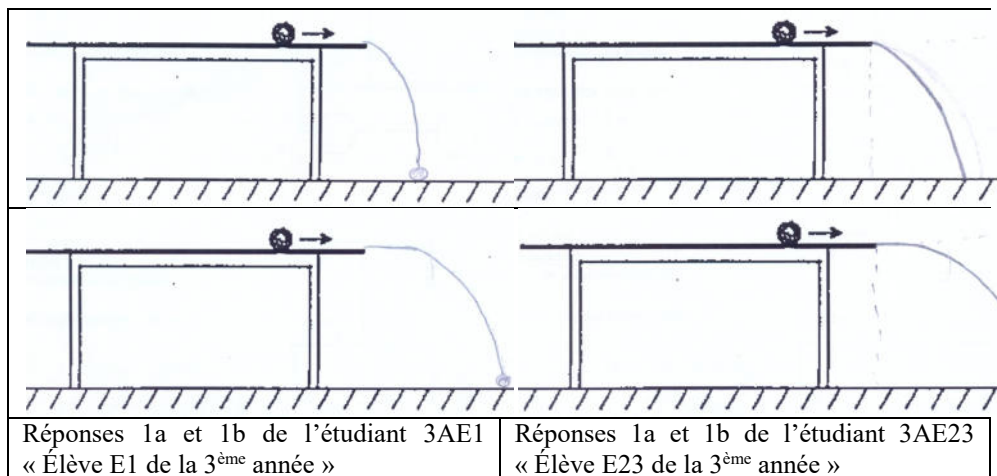
Ces 18 étudiants ont tous bien répondu qualitativement en dessinant une trajectoire parabolique dont l'inclinaison

est moins prononcée dans la deuxième situation. Cependant il y a certains sujets (au nombre de 4) qui répondent bien à la question 1a, mais répondent à la question

Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?

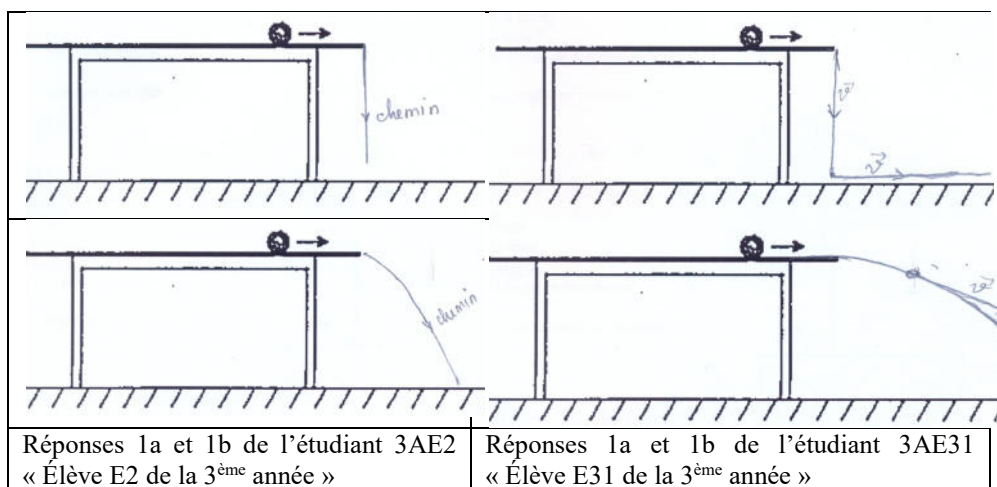
1b en dessinant d'abord un segment horizontal avant de compléter par une

parabole dont la concavité est tournée vers le bas.



Il nous semble que ces sujets considèrent que la composante verticale de la vitesse « naît » bien après que la balle ait quitté le bord de la table. Ils n'ont pas à l'esprit que cette composante verticale de la vitesse « naît » immédiatement après que la balle quitte le bord de la table.

Dans une autre manière de voir le mouvement du projectile, il y a d'autres sujets qui répondent bien à la question 1b, en dessinant une parabole, mais ils dessinent un segment de droite verticale à partir du bord de la table pour répondre à la question 1a.

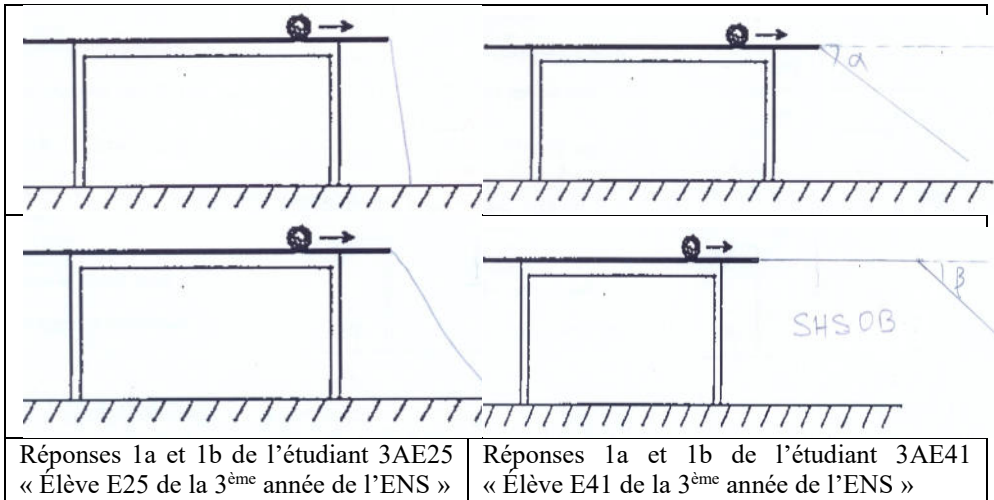


Il nous semble que ces sujets considèrent que la composante horizontale de la vitesse

« disparaît » immédiatement après que la balle ait quittée la table au profit de la

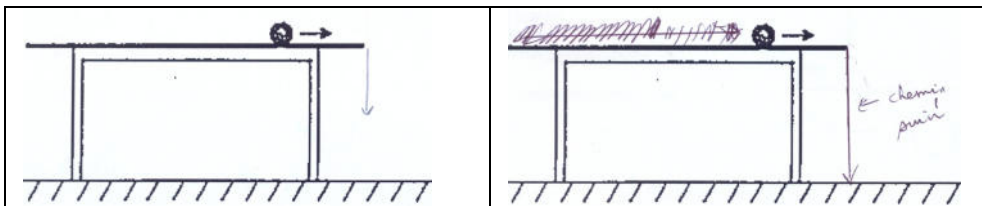
composante verticale qui entraîne alors la balle vers le bas dans un mouvement de chute libre. C'est la conception de l'étudiant 3AE30 qui produit la réponse 1a de 3AE2 pour répondre aux deux cas.

Certains autres sujets de notre enquête dessinent, pour les deux cas, un segment de droite oblique vers le bas. Dans la deuxième situation, l'angle avec la verticale est plus grand ou bien le segment de droite oblique vient au bout d'un segment de droite horizontale.

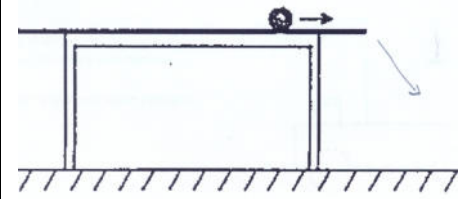
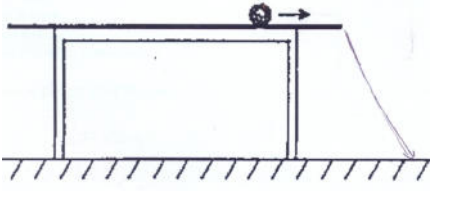


Il nous semble que ces sujets et ceux qui voient le mouvement du projectile ainsi ignorent la réalité de la trajectoire parabolique qu'ils n'acceptent pas. Pour eux, les trajectoires de mouvements de projectiles seraient toujours rectilignes ; il n'y a que les

directions qui changent. D'autres étudiants qui pensent ainsi dessinent un segment de droite verticale vers le bas dans la première situation et un segment de droite oblique dans la deuxième situation.



Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?

	
Réponses 1.a et 1.b de l'étudiant 3AE13 « Élève E13 de la 3 <sup>ème</sup> année »	Réponses 1.a et 1.b de l'étudiant 3AE40 « Élève E40 de la 3 <sup>ème</sup> année »

Quelques autres sujets de l'étude dessinent dans les deux cas un segment de droite horizontale à partir du bord de la table. Pour ces étudiants et ceux qui penseraient ainsi, la balle garderait toujours la composante horizontale de la vitesse malgré la perte de contact avec le support (la table) de mouvement, le mouvement d'un corps se conserve malgré la perte de contact avec son support.

### 3.2. RESULTATS RELATIFS A LA SECONDE TACHE DU QUESTIONNAIRE

#### 3.2.1. REPONSES ET EXPLICATIONS ATTENDUES DANS LA DEUXIEME TACHE

La trajectoire de la balle est la même que celle de la balle dans la première tâche. En effet, la balle se déplace à la même vitesse que la remorque. Avant qu'elle ne tombe de l'aimant, elle a acquis une vitesse dont la composante horizontale est égale à celle de

la remorque et la composante verticale est nulle. Après avoir « quitté » l'aimant, la balle subit une accélération verticale constante de la pesanteur. Cela fait que la composante verticale de la vitesse est en constante augmentation. En absence de frottement, la composante horizontale ne change pas. La combinaison de ces deux composantes donne alors une vitesse de la balle dont le vecteur-vitesse va s'incliner au fur et à mesure que la balle avance. Cela explique la trajectoire parabolique du mouvement de la balle. Puisque la composante horizontale de la vitesse de la balle est la même que celle de la tasse sur la remorque, la balle tombe dans la tasse (réponse à la question 2a). Dans le cas où la remorque s'arrête alors que la balle est toujours en l'air (question 2b), la balle tombera en face de la tasse.

#### 3.2.2. LES CHOIX DE NOS SUJETS POUR REpondre AUX QUESTIONS DE LA DEUXIEME TACHE ET LES EXPLICATIONS AVANCEES

Les tableaux 3 et 4 montrent les scores de chacun des choix de réponses proposées dans le questionnaire :

Tableau 3 : Répartition des scores sur les choix présentés à la question 2a

Choix de réponse des étudiants à la question 2a	3 <sup>ème</sup> année	2 <sup>ème</sup> année
Derrière la tasse (DET)	27	27
En face de la tasse (FAT)	4	3
Dans la tasse (DAT) (bonne réponse)	11	15
Derrière la tasse ou en face de la tasse (DET ou FAT)	0	1
	42	46

**Tableau 4 : Répartition des scores sur les choix présentés à la question 2b**

Choix de réponse des étudiants à la question 2b	3 <sup>ème</sup> année	2 <sup>ème</sup> année
Derrière la tasse (DET)	11	16
En face de la tasse (FAT) (bonne réponse)	8	11
Dans la tasse (DAT)	22	19
Derrière la tasse ou en face de la tasse (DET ou FAT)	1	0
	42	46

Les explications avancées par les étudiants qui répondent en faisant un choix correct à la question 2a s'appuient surtout sur la constance du mouvement (vitesse constante) de l'ensemble (remorque et balle). Nous avons constaté que souvent, l'explication du choix de réponse à la question 2a contamine l'explication du choix de réponse à la question 2b et aucune explication ne convoque la nature de la trajectoire de la

balle pour justifier le point de chute choisi pour la balle. Parmi les sujets de la 2<sup>ème</sup> année et ceux de la 3<sup>ème</sup> année, respectivement quatre étudiants et deux étudiants ont répondu aux questions 2a et 2b en faisant les choix de réponse attendus. On pourrait s'attendre à ce que ces étudiants donnent une explication correcte de ces choix. Le tableau 5 présente les explications qu'ils proposent.

**Tableau 5 : Justifications d'étudiants répondant correctement aux questions 2a et 2b**

Étudiants	Justification bonne réponse 2a	Justification bonne réponse 2b	Commentaire
Étudiant 2AE6	<i>La balle tombe dans la tasse parce qu'elle est en mouvement avec la remorque, la tasse, l'aimant et la remorque effectue même distance.</i>	<i>En face de la tasse parce que si la remorque s'arrête, la tasse et la balle ne sont plus au même niveau, le poteau qui maintenait l'aimant serait maintenant en avance et la tasse en arrière.</i>	L'étudiant fait l'effort de pensée, le mettant dans le référentiel lié à la remorque. Mais ne le dit pas.
Étudiant 2AE8	Absence de justification de cet étudiant.	<i>En face de la tasse parce que la remorque n'est pas en mouvement.</i>	Cette justification est insuffisante.
Étudiant 2AE36	<i>La remorque étant en mouvement uniforme, la trajectoire de la balle ne sera pas modifiée.</i>	<i>Du fait que la remorque s'arrête, la trajectoire de la balle sera déviée vers l'avant.</i>	Semble utiliser le principe d'inertie sans le dire.
Étudiant 2AE38	<i>La balle va tomber dans la tasse parce que le mouvement de la remorque et la chute de la balle se font simultanément.</i>	<i>La balle tombera en face de la tasse parce qu'il y a un déséquilibre entre les deux actions.</i>	Le langage ne nous semble pas précis.

Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?

Étudiant 3AE2	<i>La remorque étant en mouvement uniforme, pas d'accélération qui puisse agir sur le mouvement de la bille. Il n'y a pas de force d'inertie qui est liée à l'accélération de la remorque nulle ici.</i>	<i>La force d'inertie est liée à l'accélération. Si la remorque s'arrête, il y a décélération, donc le mouvement de la bille va dans le sens contraire.</i>	Le langage ne nous semble pas pertinent
Étudiant 3AE34	<i>Parce que la bille et la tasse ne sont influencées par aucun mouvement.</i>	Absence de justification de cet étudiant.	Langage imprécis

Les explications des étudiants ne nous semblent pas utiliser un langage de physique pertinent dans la plupart des réponses. Leurs justifications nous font penser que ces étudiants manquent du langage approprié pour justifier les bons choix opérés en réponse aux questions de la deuxième tâche.

### 3.3. SYNTHÈSE

Pour les réponses au questionnaire, nous avons obtenu le tableau de synthèse suivant :

**Tableau 6 : Synthèse du dépouillement et comparaison entre 2<sup>ème</sup> année et 3<sup>ème</sup> année**

	2 <sup>ème</sup> Année	3 <sup>ème</sup> Année
Nombre d'étudiants répondant correctement à la question 1a	22	20
Nombre d'étudiants répondant correctement à la fois aux questions 1a et 1b	14	18
Nombre d'étudiants répondant correctement à la fois aux questions 1a, 1b et 2a	3	4
Nombre d'étudiants répondant correctement à la fois aux quatre questions	0	1

Nous avons examiné, d'une part, les écrits explicatifs des quatre étudiants de 3<sup>ème</sup> année et des trois étudiants de 2<sup>ème</sup> année qui ont bien répondu aux questions 1a, 1b et 2a à la fois (cf. Tableau 7), et d'autre part, les écrits explicatifs de l'étudiant de 3<sup>ème</sup> année qui a

donné les bonnes réponses aux quatre questions (1a, 1b, 2a et 2b) à la fois (cf. Tableau 8), pour voir s'ils avancent des explications en cohérence avec leurs bonnes réponses.

Tableau 7 : Justifications d'étudiants répondant correctement aux questions 1a, 1b et 2a

Étudiants	Justification bonne réponse 2a	Justification mauvaise réponse 2b	Commentaire
Étudiant 3AE7	<i>Les forces de frottement (appelées forces de Coriolis) dues au vent (l'air) sont moindres lorsque la remorque évolue.</i>	<i>Lorsque la remorque est en mouvement, il y a des forces de Coriolis qui vont modifier la trajectoire de la balle.</i>	Mauvaise justification en 2a qui contamine celle en 2b. Pour cet élève ce sont seulement les frottements qui peuvent modifier la trajectoire d'un projectile.
Étudiant 3AE8	<i>Parce que la vitesse est une constante du temps.</i>	<i>Parce que la balle reculerait en arrière de la tasse.</i>	Difficulté d'appréhension de la trajectoire dans le cas 2b.
Étudiant 3AE18	<i>La vitesse est une constante.</i>	<i>Ici, la vitesse a varié alors la balle tombera derrière la tasse.</i>	Difficulté d'appréhension de la trajectoire dans le cas 2b.
Étudiant 3AE32	<i>À cause des frottements qui sont négligeables.</i>	<i>Car les deux mouvements ne sont pas simultanés.</i>	Mauvaise justification et difficulté d'appréhension de la trajectoire dans le cas 2b.
Étudiant 2AE14	<i>Dans le référentiel de la remorque, la balle est au repos. Quand elle sera lâchée, elle fait un mouvement rectiligne vertical. Donc elle tombe dans la tasse.</i>	<i>Toujours est-il que la balle est au repos dans le référentiel de la remorque. Elle tombera toujours dans la tasse quel que soit le mouvement de la remorque.</i>	Cet élève n'appréhende pas la relativité du mouvement. Il pense que la trajectoire est la même dans les deux cas en se mettant dans le référentiel de la remorque : son premier raisonnement contamine le second.
Étudiant 2AE34	<i>Parce que la balle est uniquement soumise à l'action de la force de pesanteur et les deux évoluent à la vitesse de la remorque.</i>	<i>La balle tombe derrière la tasse parce que les deux n'évoluent pas à la même vitesse et de plus il y a les frottements qui agissent sur la balle.</i>	Difficulté de langage entraînant de la confusion. Pour cet étudiant la force est une entité en mouvement.
Étudiant 2AE44	<i>Le mouvement de la balle lorsqu'elle tombe de l'aimant et le déplacement de la tasse ont lieu dans le même repère.</i>	<i>Comme la remorque était en mouvement quand la balle s'est décollée de l'aimant, et après la remorque s'est arrêtée, la balle suit toujours le mouvement avant.</i>	En 2a, il manque la précision que le repère est celui du référentiel lié à la remorque. Confusion pour le 2b car cette justification pouvait conduire à donner la bonne réponse (en face de la tasse).

Tableau 8 : Justifications de l'étudiant répondant correctement aux questions 1a, 1b, 2a et 2b

Étudiants	Justification bonne réponse 2a	Justification mauvaise réponse 2b	Commentaire
Étudiant 3AE34	<i>Parce que la bille et la tasse ne sont influencées par aucun mouvement.</i>	<i>La force de freinage peut modifier la position de la bille en la mettant devant la tasse.</i>	Mauvaises appréhensions des mouvements de la balle et de la remorque.

## Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?

Il nous semble que l'une des difficultés des étudiants est liée à l'appréhension de la relativité du mouvement et donc à la relativité de la trajectoire d'un projectile par rapport au référentiel, ce qui joue sur leurs explications. Il nous semble également qu'ils ne distinguent pas, dans leur raisonnement, le référentiel propre et le référentiel relatif lié au corps en mouvement. Il nous semble qu'ils surestiment les effets des frottements auxquels ils attribuent tous les changements qui surviennent au cours du mouvement. L'approche de compréhension du mouvement d'un projectile par la composition des vitesses leur semble totalement étrangère ou ils ne la mobilisent pas dans leurs explications. Ces résultats nous font penser que les sujets de notre étude, futurs enseignants de collèges en Physique ne prédisent pas correctement les trajectoires des mouvements de projectiles.

### 4. DISCUSSION

Dans cette section, nous examinons les résultats obtenus à la lumière de la littérature que nous avons convoquée plus haut.

Le questionnaire que nous avons utilisé nous a permis d'amener les sujets de notre étude à prédire le mouvement par des dessins. Cela nous a permis d'inférer les idées qu'ils mobilisent pour raisonner ou celles qui manquent dans leur raisonnement. C'est une technique non verbale et indirecte qui nous semble intéressante pour explorer les processus de pensée sous-jacents dans l'apprentissage des sciences.

L'analyse des productions graphiques en réponse à la première tâche nous montre que les sujets de l'étude semblent raisonner comme les savants pré-newtoniens. En effet, ils ont manifestement tendance à considérer une cause au mouvement. Ce qui les amène à mobiliser l'idée d'une force pour justifier la persistance du mouvement rectiligne bien après que la balle ait quitté la table comme

le montre certains de leurs dessins. C'est la preuve qu'ils admettent l'idée de stockage comme justification plausible du mouvement. L'arrêt de la trajectoire rectiligne prolongée que certains dessinent en l'absence de support révèle l'existence de l'idée selon laquelle le stockage s'épuise. Les changements dans le dessin de la trajectoire du mouvement après la trajectoire rectiligne prolongée nous indiquent l'existence de l'influence entre divers types d'*impétus* à savoir qu'un *impétus* domine un autre. Ces constats semblent nous montrer que des sujets de notre étude sont encore imprégnés de la théorie de l'*impétus*.

Les idées qui produiraient les réponses attendues des sujets de l'étude à la deuxième tâche sont explicitement d'origine newtonienne. En effet, dans cette deuxième situation, la bille quitte l'aimant avec la vitesse horizontale de la remorque. Selon la première loi de Newton (principe d'inertie), elle resterait dans un mouvement de trajectoire horizontale à moins d'être sollicitée par une force extérieure. Et comme elle tombe, c'est qu'elle est sollicitée par la force de pesanteur qui lui imprime une accélération verticale, donc une vitesse verticale en plus de celle horizontale héritée en quittant l'aimant. La composition de ces deux vitesses impose une trajectoire parabolique à la bille qui tombe alors dans la tasse juste en dessous de l'aimant ou devant la tasse lorsque la remorque s'arrêterait pendant que la bille est dans l'air. Cependant, l'analyse des réponses obtenues de nos sujets d'étude montre que leurs idées sont loin de celles que nous venons d'évoquées. Cela nous fait dire que ces futurs enseignants de Physique ne sont pas encore newtonien dans la prédiction du mouvement des projectiles.

Notre exploration a permis de mettre en évidence que des sujets de notre étude et dans le contexte universitaire qui est le leur, sont imprégnés de la théorie de l'*impétus*

dans leur façon d'appréhender le mouvement. C'est comme si les cours de mécanique newtonienne qu'ils ont suivis dans l'enseignement supérieur sont encore loin d'ébranler cette théorie erronée qu'ils ont développée. Les résultats de l'étude de D. ANAGO (2018) chez des élèves de terminale et seconde scientifiques montrent que la majorité de ceux-ci développe aussi les idées de la théorie de l'impétus dans leur manière d'appréhender le mouvement. C'est aussi le cas des jeunes élèves ou écoliers dans les études de A. Prescott (2004), I. A. HALLOUN et D. HESTENES (1984), et L. VIENNOT (1979) dans d'autres contextes. Nous sommes d'accord avec A. A. diSESSA (2006) que les conceptions erronées et spontanées sont souvent difficiles à remplacer, mais notre étude à travers les résultats obtenus, pose la problématique du déroulement des cours universitaires de mécanique newtonienne qui privilégient fortement les aspects mathématiques au détriment des aspects qualitatifs. Nous pensons que la théorie de l'impétus doit être abordée à l'université pour permettre un apprentissage conceptuel efficace du mouvement dans les cours de mécanique newtonienne. En d'autres termes cela favoriserait l'acquisition de la pensée newtonienne sur le mouvement par les étudiants.

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le but de cette étude était d'explorer les prédictions des élèves professeurs de Physique en fin de formation sur les mouvements de projectiles. Les résultats présentés dans ce travail nous montrent que la plupart des futurs enseignants, sujets de notre étude, n'appréhendent pas

correctement la trajectoire d'un projectile. Ces résultats confirment notre hypothèse de recherche qui stipule que des conceptions erronées empêchent encore ces futurs enseignants en fin de formation de prédire correctement la trajectoire du mouvement d'un projectile. En effet, il leur est difficile de prédire et de justifier les trajectoires de mouvements de projectiles dans les situations qui leur sont proposées malgré les enseignements universitaires de mécanique suivis. Ceci interpelle non seulement sur la qualité des connaissances acquises par ces futurs enseignants de Physique en formation initiale, mais aussi sur la nature des connaissances qu'ils vont transmettre ou faire construire aux jeunes enfants en la matière. Nous pensons qu'il est nécessaire que des recherches didactiques se penchent sur la formation initiale des enseignants à l'université pour comprendre ces constatations. En effet comme le soulignent I. A. HALLOUN et D. HESTENES (1985), les conceptions doivent être traitées avec respect, puisqu'elles ont, dans le passé, été émises par de grands savants aussi. Comme le souligne aussi L. VIENNOT (1978), pour dépasser les conceptions des étudiants qui les empêchent d'appréhender le mouvement, la trajectoire ou d'utiliser un langage pertinent de la Physique, il faut bien une intervention de l'enseignement. Il faut permettre aux étudiants d'explicitier leur raisonnement en les confrontant à des situations choisies à dessein par l'enseignant. Ce sont des directions de recherches qui doivent être encore explorées dans la formation des enseignants à l'université dans différents contextes.

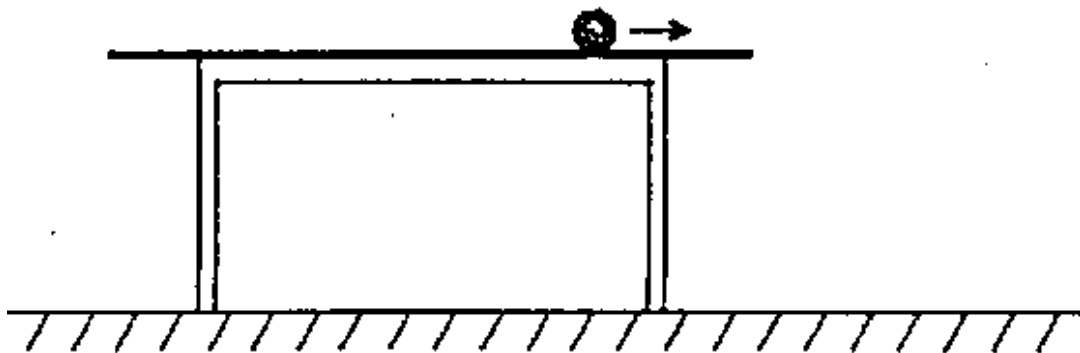
Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?

### Annexe 1 : Questionnaire

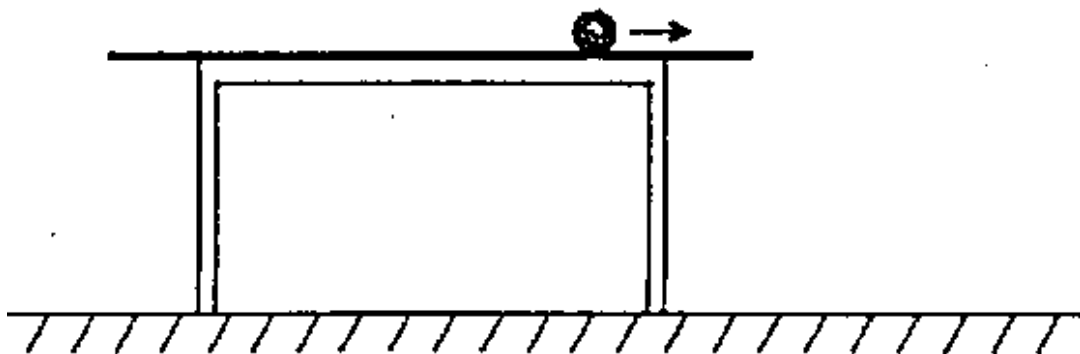
Source : Eckstein, S. (1997). Parallelism in the development of children's ideas and the historical development of projectile motion theories. *International Journal of Science Education*, 19 (9), 1057-1073.

#### Tâche 1 : Mouvement d'un corps (projectile) qui se déplace de son propre mouvement

1a. Une balle se déplace sur la table dans le sens de la flèche. Dessinez le chemin que suit la balle après qu'elle atteigne le bord de la table.



1b. La balle dans ce dessin va plus vite que la balle dans la première question. Dessinez le chemin que suit cette balle après avoir atteint le bord de la table.



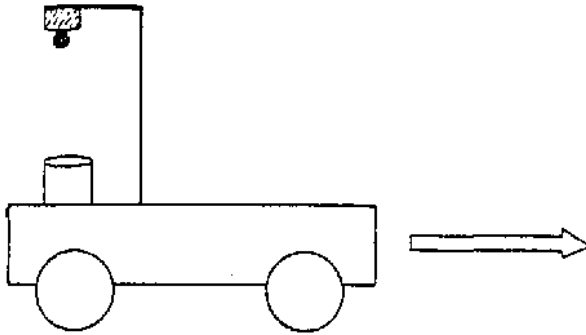
**Tâche 2 : Mouvement d'un projectile transporté (ne se déplaçant pas de son propre mouvement, mais transporté par une remorque en mouvement)**

2a. Supposons que la balle tombe de l'aimant tandis que la remorque est en mouvement, et la remorque

continue à se déplacer à la même vitesse. Où va tomber la balle ?

- derrière la tasse,
- en face de la tasse,
- ou dans la tasse ?

NB : Encercler celle qui est votre réponse



S'il vous plaît expliquez votre réponse : \_\_\_\_\_

---

---

---

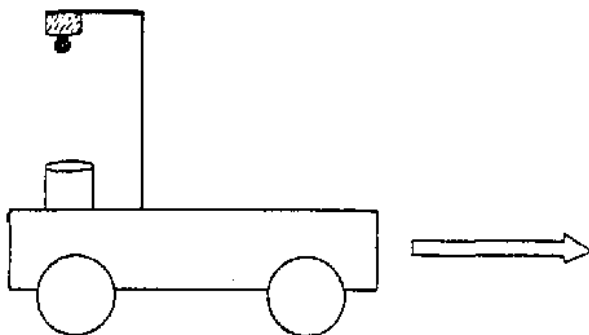
---

2b. Encore une fois, la balle tombe alors que la remorque est toujours en mouvement, mais cette fois la remorque s'arrête alors que la balle est toujours dans l'air. Où va tomber la balle ?

- derrière la tasse,
- en face de la tasse,
- ou dans la tasse ?

NB : Encercler celle qui est votre réponse

Futurs enseignants de sciences physiques au collège, aristotéliens ou newtoniens dans la prédiction du mouvement de projectile ?



S'il vous plaît expliquez votre réponse : \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] ANAGO, D. (2018) *Trajectoire parabolique en classe de terminale : Difficultés d'élèves et ingénierie didactique fondée sur un exercice informatique*, Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi
- [2] CHAMPAGNE, A. B. GUNSTONE, R. F. et KLOPFER, L. E. (1985). Effecting changes in cognitive structures among physics students. Dans L. H. WEST et A. L. PINES (dir.), *Cognitive Structure and Conceptual Change* (p. 163-187). Orlando, FL : Academic Press.
- [3] DENZIN, N. K. et LINCOLN, Y. S. (2000). Introduction: Entering the field of qualitative research. Dans N. K. DENZIN et Y. S. LINCOLN (dir.), *Strategies of qualitative inquiry* (p. 1-34). Thousand Oaks, CA: Sage.
- [4] diSESSA, A. A. (2006). A history of conceptual change research: Threads and fault lines. Dans R. K. SAWYER (dir.), *Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (p. 265-281). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- [5] ECKSTEIN, S. (1997). Parallelism in the development of children's ideas and the historical development of projectile motion theories. *International Journal of Science Education*, 19(9), 1057-1073.
- [6] GALILEO G. (1632). *Mécanique et mouvements locaux* Grand, Duca di Toscana. IN LEIDA, M.D.C.XXXVIII.
- [7] GIORGI, A. (2009). The descriptive phenomenological method in psychology: A modified Husserlian approach. Pittsburgh, PA: Duquesne University Press.

- [8] GUNSTONE, R. F. et WHITE, R.T. (1981). Understanding gravity. *Science Education*, 65, 291-299.
- [9] HALLOUN, I. A. et HESTENES, D., (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, 1056-1065.
- [10] HAWKING, S. (dir.). (2002). *Sur les épaules de géants*. Philadelphia: Running Press.
- [11] KASMER, L. (2008). *The role of prediction in the teaching and learning of algebra*, PhD dissertation, Western Michigan University.
- [12] KIM, O. K. et KASMER, L. (2007). Using 'prediction' to promote mathematical reasoning, *Mathematics Teaching*. Middle School (p. 294-299).
- [13] KOZHEVNIKOV, M., et HEGARTY, M. (2001). *Impetus beliefs as default heuristics: Dissociation between explicit and implicit knowledge about motion*. *Psychonomic Bulletin and Review*, 8, 439-453.
- [14] LIM, K. H., BUENDA, G. KIM, O-K, CORDERO, F. et KASMER, L. (2010). The role of prediction in the teaching and learning of mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 41(5), 595-608.
- [15] MASSON, S. et BRAULT FOISY, L-M. (2012). Les conceptions erronées des élèves en électricité ne disparaissent peut-être jamais de leur cerveau. *Spectre*, 42, 15-17.
- [16] McCLOSKEY, M., CARAMAZZA, A. et GREEN, B. (1980). Curvilinear motion in the absence of external forces: Naive beliefs about the motion of objects. *Science*, 210, 1139-1141.
- [17] NEWTON, I. (1686). *Principes Mathématiques de la Philosophie Naturelle*. Traduit en français moderne d'après l'œuvre de la marquise. Du Châtelet, éditions Jacques Gabay, 1990.
- [18] PIAGET, J. (1970). *L'épistémologie génétique*. Paris : PUF.
- [19] PRESCOTT, A. et MITCHELMORE, M. (2005) Teaching projectile motion to eliminate misconceptions. Dans H. L. CHICK, and J. L. VINCENT, (dir.), *Proceedings of the 29<sup>th</sup> Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (p. 97-104).
- [20] SCOTT, P., ASOKO, H. et LEACH, J. (2007). Student conceptions and conceptual learning in science. Dans S. K. ABELL et N. G. LEDERMAN (dir.), *Handbook of research on Science education* (p. 31-56). Mahwah, NJ: Laurence Erlbaum Associates, Publishers.
- [21] SKEMP, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20-26.
- [22] VIENNOT, L. (1978). Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire. *Revue française de pédagogie*, 45, 16-24.
- [23] VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-221.
- [24] WHITE, R. et GUNSTONE, R. (1992). *Probing Understanding* London: The Falmer Press.